

ЛИТЕРАТУРА:

1. Вдовико В.П. Частичные разряды в диагностировании высоковольтного оборудования. – Новосибирск: Наука, 2007. – 155 с.
2. Кучинский Г.С. Частичные разряды в высоковольтных конструкциях. – Л.: Энергия. Ленингр. Отделение, 1979. – 224 с.
3. Русов В.А. Измерение частичных разрядов в изоляции высоковольтного оборудования. – Екатеринбург: УрГУПС, 2011. – 370 с.
4. Потапов А.И., Игнатов В.М., Александров Ю.Б. и др. Технологический неразрушающий контроль пластмасс. Л.: Химия, 1979. – 288 с.
5. Advanced technology of transformer winding condition control based on nanosecond probing impulse / V.Lavrinovich, A. Mytnikov, Li Hongda // Resource-Efficient Technologies. – 2016. – V. 2. – № 3. – P. 111–117.

Научный руководитель: к.т.н. А.В. Мытников, доцент ОЭЭ ИШЭ ТПУ.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПУТЕЙ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДИАГНОСТИКИ ОБМОТОК ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ ЗОНДИРОВАНИЕМ НИЗКОВОЛЬТНЫМИ ИМПУЛЬСАМИ В ОДНОСТУПЕНЧАТОМ РЕЖИМЕ

И.А. Кавун

Томский политехнический университет

ИШЭ, ОЭЭ, группа А1-42

Реализация надежных и чувствительных технологий контроля состояния изоляции обмоток – необходимое условие устойчивой работы трансформаторного оборудования. Соответствующая технология контроля механического состояния была предложена в 1966 и получила название импульсного дефектографирования. Принцип технологии состоит в подаче импульса на одну из обмоток (1,2/50 мкс при амплитуде 500–1000 В), при короткозамкнутых остальных, и снятии отклика переходного процесса, возникающего в обмотке. Далее необходимо обработать снятый сигнал и сравнить начальную нормограмму исправного оборудования с полученной, разница в которых будет свидетельствовать о наличии дефекта в обмотках силового оборудования [1].

Данный метод низковольтных импульсов для повышения точности контроля был модифицирован в метод измерения амплитудно-частотных характеристик. Принцип предложенного амплитудно-частотного метода заключается в подаче синусоидального сигнала со значением амплитуды около 10 В на один из вводов обмотки трансформатора и измерении амплитудно-частотной характеристики с вывода одноименной обмотки [2]. Далее полученные амплитудно-частотные характеристики сравниваются с нормограммами, снятыми на исправном трансформаторном оборудовании. Преимущество данного подхода состоит в отсутствии сильного влияния параметров схемы на результаты измерений. В последствии метод амплитудно-частотных характеристик получил название технологии FRA.

Метод низковольтных импульсов (НВИ) много лет является одним из наиболее чувствительных подходов обнаружения дефектных состояний активных частей силовых трансформаторов, однако нуждается в дальнейшем совершенствовании с целью повышения эффективности выявления дефектов обмоток, так как классический метод НВИ и метод амплитудно-частотных характеристик иногда имеют низкую чувствительность и в ряде случаев не обеспечивают необходимый уровень точности диагностики.

В данной работе представлены результаты совершенствования метода НВИ в направлении одноступенчатого подхода. Повышение эффективности предлагаемого метода НВИ, а именно контроля состояния активных частей высоковольтного трансформатора с помощью

одноступенчатого дефектографирования, заключается в применение зондирующего импульса в диапазоне частот до 50 МГц.

Диагностические измерения откликов исследуемых обмоток трансформатора ТМ-160/10-У1 для последующей оценки состояния осуществляется следующим образом, для получения осциллограмм необходимо предварительно произвести расшиновку оборудования, далее на высоковольтный ввод одной из обмоток подавался прямоугольный зондирующий импульс амплитудой 200 В с длительностью 110 нс. Последующий вывод о состоянии производится только посредством спектрального анализа формы и длительности сигнала отклика, поданного на вход обмотки [3–4].

Схема обследования трансформатора состоит из специально разработанного генератора импульсов наносекундной длительности и электронных осциллографов для контроля сигнала на входе в обмотку трансформатора. Схема диагностического обследования представлена на рисунке 1.



Рис. 1. Схема обследования трансформатора

Применение одноступенчатого дефектографирования проводится на для высоковольтной обмотки трансформатора класса напряжения 10 кВ.

Были произведены обследования для двух дефектных состояний, а именно механическое смещение 4 и 8 витков вверх обмотки при различных длительностях импульса. Примеры осциллограмм представлены на рисунке 2 (а, б).

Для определения состояния оборудования необходимо произвести разложение импульса, поданного на обследуемую обмотку, в ряд Фурье с целью получения частотного спектра импульсного сигнала по формуле:

$$S1_n = \frac{1}{N} \cdot \left(\sum_{k=0}^{N-1} ((S^{(1)})_k \cdot e^{-j2\pi \frac{n}{N} k}) \right), \quad (1)$$

где S – присвоенный символ файла со значениями сигнала (ЗИ); N – число дискретных значений сигнала ($N = 2499$); k – временной индекс входных отсчетов ($k = 0..N - 1$); n – необходимое число гармоник ($n = 0..150$).

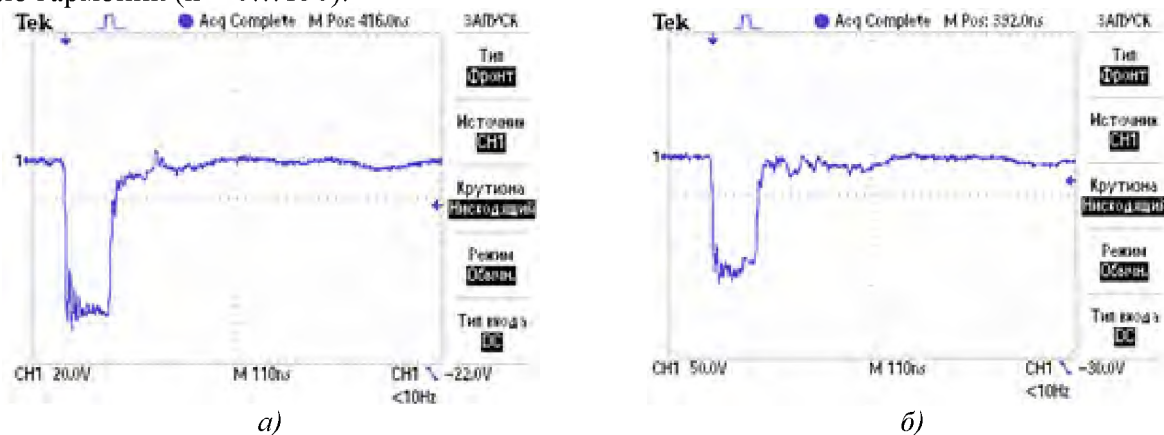


Рис. 2. Осциллограмма импульса на входе в обследуемую обмотку: а) дефект отсутствует; б) дефект – полегание витков обмотки

Стоит отметить, что визуально осциллограммы исправной и дефектной обмоток практически не отличаются, вывод о наличии дефекта заключается при исследовании отношений спектров.

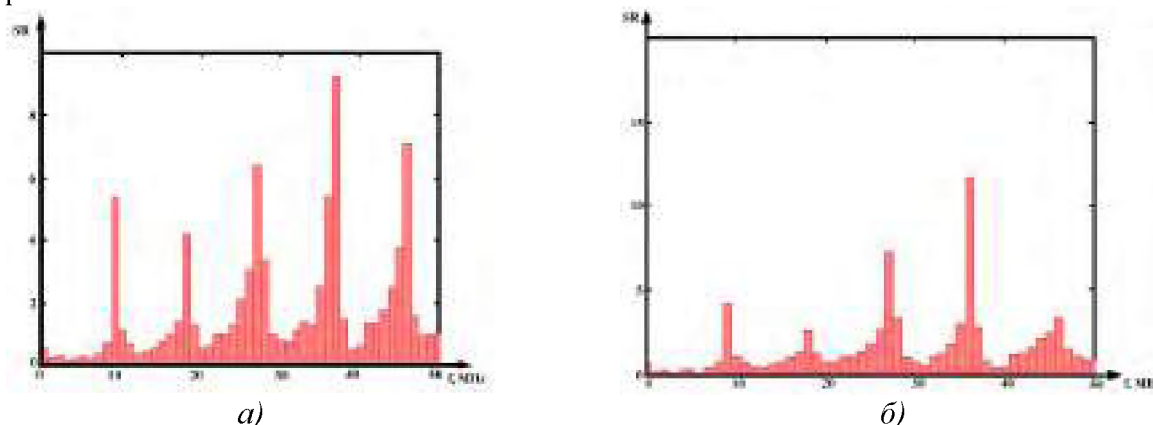


Рис. 3. Отношение спектров исправной и дефектной обмоток при 110 нс:
а) дефект при смещении 4 витков; б) дефект при смещении 8 витков

Результаты проведенных исследований при различных длительностях импульса представлены в таблице 1.

Таблица 1. Зависимость амплитуд отношений спектров от длительности зондирующего импульса

Длительность импульса, $t_{\text{ис}}$	Амплитуды спектров при полегании 4 витков, $A_{0.4}$	Амплитуды спектров при полегании 8 витков, $A_{0.8}$
20	2	2
60	3,5	4
110	9	12
260	3,8	4,2
520	1,8	1,6

Анализируя полученные результаты, можно заключить, что при различной длительности были обнаружены дефектные состояния, но наиболее эффективными показателями являются исследования при длительности импульса 110 нс, при зондировании которым наблюдается максимальная эффективность обнаружения дефектного состояния обмотки.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Лех В., Тымински Л. Новый метод индикации повреждений при испытании трансформаторов на динамическую прочность // Электричество, 1966. – Т. 1. – № 1. – С. 77- 81.
2. Хренников А.Ю., Киков О.М. Диагностика силовых трансформаторов в Самараэнерго методом низковольтных импульсов // Электрические станции, 2003. – № 11. – С. 49- 51.
3. Lavrinovich V.A, Mytnikov A.V. Development of pulsed method for diagnostics of transformer windings based on short probe impulse // IEEE Translation on Dielectric Electrical Insulation, 2015. – V. 22. – N. 4. – p. 2041–2045.
4. Lavrinovich V.A, Mytnikov A.V, Hongda Li. Advanced technology of transformer winding condition control based on nanosecond probing impulse // Resource-Efficient Technologies, 2016. – V. 2. – N. 3. – p. 111–117.

Научный руководитель: к.т.н. А.В. Мытников, доцент ОЭЭ ИШЭ ТПУ.